

будущие системы информационного обеспечения управленческой деятельности. Одним из них является язык UML [1, 2].

Кроме того, разработаны эффективные системы ведения геоинформационных данных, обеспечивающие информационную интеграцию количественной и семантической информации, предоставляющие алгоритмы топологического контроля непротиворечивости информации, средства представления геосемантической информации. Представителем такой системы является ArcGis 9.x.

1. Буч Г., Рамбо Дж., Джекобсон А.. UML Руководство пользователя. Унифицированный язык моделирования. – СПб.: БХВ-Петербург, 2000. – 458 с.

2. Ларман К.. Применение UML и шаблонов проектирования: Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 624 с.

3. Common Warehouse Metamodel (CWM) Specification. OMG. Version 1.0, 2 February 2001.

4. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Методы и модели анализа данных OLAP и Data Mining. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.

*Получено 16.02.2006*

УДК 629.072.18

**А.А. ВОЛОДЧЕНКО**

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗБИЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НА РАЙОНЫ**

Рассматривается методика разбиения транспортной сети на районы, предлагается квазиоптимальный метод компьютерного разбиения сети большой размерности.

Большое значение для экономики городов имеет организация материалопотоков. Решение этой задачи подразделяется на формирование транспортных сетей, анализ спроса и предложения, построение маршрутов доставки и так далее.

Важной частью задачи маршрутизации является разбиение транспортной сети на районы, особенно если сеть имеет достаточно крупные размеры. Задача имеет следующую содержательную постановку: транспортную сеть с заданными пунктами отправки и назначения, соединенными между собой путями заданной длины, разбить на транспортные районы оптимальным образом.

Единого критерия, которым оценивается оптимальность такого разбиения, не существует. Под эффективным разбиением на районы будем понимать такое разбиение, при котором маршруты являются наиболее экономичными, требующими наименьших затрат из всех оптимальных маршрутов, построенных при всех возможных разбиени-

ях. Будем считать, что маршруты для каждого возможного разбиения получаются одним и тем же методом.

Вопрос о разбиении транспортных сетей на районы рассматривался А.Н.Шептурой в [1]. К выполнению такого разбиения существовало несколько подходов. Первый из них – использование для проведения границ районов естественных препятствий: рек, железнодорожных линий и так далее. Однако при этом не учитывается взаимное расположение пунктов отправления и доставки, отсутствуют критерии проверки эффективности такого разбиения. Методика дает достаточно «грубый» и приблизительный результат.

Разбиение сети на районы может быть также выполнено вручную, с использованием эвристической оценки. Этот подход предполагает наличие эксперта, обладающего данными о транспортной сети. Качество выполненного разбиения зависит от квалификации эксперта, от точности и полноты исходных данных. Гарантий оптимальности полученного разбиения нет, для программной реализации необходимо создание сложной базы знаний.

В некоторых случаях границы районов проводятся непосредственно при построении маршрутов и изменяются в соответствии с получаемыми результатами. Такой метод может гарантировать достаточно приемлемый результат, так как оценка разбиения производится непосредственно при его выполнении, и определяющим является важнейший фактор – экономичность получаемых маршрутов.

Однако при формировании границ районов этим способом теряется основное преимущество районирования – уменьшение размерности задачи. Фактически решение задачи маршрутизации ведется для всей сети в целом, что делает метод неприменимым для транспортной сети с достаточно большим количеством остановочных пунктов.

Предлагается алгоритм решения задачи разбиения транспортной сети на районы, который легко реализуется на ЭВМ и применим для транспортной сети большой размерности.

На рисунке приведена блок-схема алгоритма разбиения транспортной сети, включающей  $N$  пунктов, на заданное число районов. Опишем данный алгоритм, опираясь на приведенную схему.

**Блок 2.** Транспортная сеть представляется в виде графа, в котором пунктам отправления и доставки соответствуют вершины, а дуги соответствуют путям между ними. Каждой вершине присваивается номер, каждой дуге – ее длина. Далее информация о графе преобразуется в матрицу  $D = \{d_{ij}\}$ , где  $d_{ij}$  – длина дуги, выходящей из пункта  $i$  и входящей в пункт  $j$ . В случае, если вершины  $i$  и  $j$  не инцидентны

между собой, полагаем  $d_{ij}$  равным некоторому числу, намного превышающему длины заданных дуг. Диагональные элементы матрицы  $d_{ii}$  также полагаем равными некоторому большому числу, чтобы избежать заикливания при выполнении разбиения.



Блок 3. Вычисляется вектор оценок среднего расстояния до вер-

шин  $\tilde{d}$ . Его элементы определяются по формуле  $\tilde{d}_j = \frac{\sum_{i=1}^N d_{ij}}{N}$ ,

$j = \overline{1, N}$ . Число  $\tilde{d}_j$  представляет собой среднее арифметическое расстояний от вершин графа до вершины  $j$ . Наименьшими будут оценки  $d_j$  для вершин, которые непосредственно достижимы из наибольшего количества вершин, причем длины связывающих их дуг будут минимальны. Самым большим оценкам  $d_j$  будут соответствовать вершины, инцидентные небольшому количеству дуг.

Блок 4. На основании матрицы  $D$  формируется приведенная матрица  $D'' = \{d''_{ij}\}$ . Приведение матрицы  $D$  осуществляется в два этапа по формулам:

$$d'_{ij} = d_{ij} - \min_j d_{ij}, i = \overline{1, N};$$

$$d''_{ij} = d'_{ij} - \min_i d'_{ij}, j = \overline{1, N}.$$

Применяемые формулы приведения матриц используются в методе «ветвей и границ» решения задачи коммивояжера [2].

Блок 5. Разбиение транспортной сети на районы равносильно разбиению множества пунктов отправки и назначения на подмножества. Для получения этих подмножеств разобьем множество вершин графа, который поставлен в соответствие сети, на группы. Процесс формирования групп является циклическим. В данном блоке начинается внешний цикл. Количество районов задано, пусть оно будет равно  $R$ . Выполнение цикла завершается, когда получено  $R$  групп.

Блок 6. Формирование группы начинается с выбора первого элемента  $j_0$ , для которого выполняется условие

$$\tilde{d}_{j_0} = \max_{j=\overline{1, N}} \tilde{d}_j.$$

После этого значение оценки  $\tilde{d}_{j_0}$  приравнивается к нулю.

Формирование групп сводится к изменению порядка строк и столбцов в матрице  $D''$  и, соответственно, номеров вершин таким образом, что к первой группе относятся первые  $N/R$  вершин, ко второй – вершины, номера которых начинаются с  $N/R + 1$  и заканчиваются номером  $2N/R$  и т.д. На данном этапе вершина  $j_0$  перемещается в списке вершин на первое в формируемой группе место.

Блок 7 представляет собой начало внутреннего цикла формирования группы. Так как количество вершин графа и количество получае-

мых групп задано, заранее известно количество элементов в группе. Условием окончания данного цикла является наличие в полученной группе необходимого количества вершин.

**Блок 8.** Производится выбор вершины и присоединение ее к группе. Пусть номером первой вершины в текущей группе будет  $j_1$ , а номером последней присоединенной к текущей группе вершины –  $j_2$ . Для присоединения к группе будет выбрана вершина  $j_0$ , для которой выполняется условие:

$$d''_{ij_0} = \min\{d_1, d_2\},$$

где  $d_1 = \min_{j_2 < j \leq N} d''_{ij}$ ,  $j_1 \leq i \leq j_2$ ;  $d_2 = \min_{j_2 < i \leq N} d''_{ij}$ ,  $j_1 \leq j \leq j_2$ .

Вершина, выбранная ранее описанным способом, присоединяется к текущей группе. При этом ее оценка  $\tilde{d}_{j_0}$  приравняется нулю.

**Блок 9.** Завершается внутренний цикл.

**Блок 10.** Завершается внешний цикл.

**Блок 11.** На экран выводится информация о том, какие вершины графа следует объединить в группы. По заданной при переходе к графу нумерации определяются пункты исходной транспортной сети. Полученным группам вершин графа ставятся в соответствие районы транспортной сети.

Данный алгоритм приводит к получению квазиоптимального разбиения транспортной сети на районы. Представляет интерес рассмотреть задачу в другой постановке, например, получать не заданное количество районов, а районы с заданной суммарной длиной маршрутов или заданным объемом поставок. Возможно, это позволит улучшить полученный результат.

Предлагаемый алгоритм может быть применен для автоматизированного разбиения транспортной сети большой размерности на районы. Может применяться при маршрутизации автомобильного транспорта, при анализе трубопроводных транспортных систем.

1.Шептура А.Н. Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов при переменном спросе на перевозки: Дисс. ... канд. техн. наук. – Харьков, 2004. – 150 с.

2.Житков В.А., Ким К.В. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок. – М.: Транспорт, 1982. – 184 с.

*Получено 24.02.2006*